

Procédé et dispositif de conditionnement de crayons de combustible  
nucléaire non étanches en vue de leur transport et de leur stockage  
ou entreposage de longue durée

L'invention concerne un procédé et un dispositif de conditionnement de crayons combustibles non étanches en vue de leur transport et de leur stockage ou entreposage de longue durée.

5 Dans les réacteurs nucléaires refroidis par de l'eau, et en particulier dans les réacteurs nucléaires refroidis par de l'eau sous pression, on utilise des assemblages de combustible comportant une ossature à l'intérieur de laquelle sont placés des crayons de combustible constitués chacun d'une gaine tubulaire remplie de pastilles de combustible, par exemple des pastilles d'oxyde d'uranium  $UO_2$  et fermée à ses extrémités par des bouchons  
10 étanches.

La gaine des crayons et les bouchons sont généralement en alliage de zirconium et l'on effectue le remplissage de la gaine par de l'hélium sous pression avant de sceller le crayon de manière totalement étanche.

15 A l'intérieur du réacteur nucléaire en fonctionnement, la gaine des crayons subit des contraintes mécaniques et peut être soumise à la corrosion, de telle sorte qu'il peut apparaître des fissures traversant la gaine sur certains crayons des assemblages de combustible. Le crayon n'est alors plus étanche, l'hélium contenu dans la gaine et les gaz de fission formés par le combustible peuvent traverser la gaine, ce qui produit une dissémination  
20 de produits radioactifs dans l'environnement de l'assemblage de combustible.

Lors des arrêts du réacteur nucléaire, par exemple pour rechargement ou entretien et réparation, on décharge au moins une partie des assemblages de combustible du cœur, ces assemblages de combustible étant  
25 placés dans une piscine du combustible à l'intérieur de laquelle on effectue certaines opérations de réparation et de remise en état des assemblages de combustible usagés.

En particulier, lors de ces opérations de réparation et de remise en état des assemblages de combustible, on prélève les crayons de combustible non étanches des assemblages de combustible, ces crayons non étan-  
30

ches étant par exemple stockés de manière temporaire dans une structure de stockage à l'intérieur de la piscine du combustible.

La récupération du combustible contenu dans les crayons peut être effectuée théoriquement dans des usines de retraitement de combustible dans lesquelles on sépare le matériau combustible des gaines usagées et fissurées qui sont traitées comme des déchets radioactifs. Toutefois, depuis quelques années, la réglementation en vigueur a tendance à interdire le transport de crayons de combustible qui peuvent produire une dissémination de matières radioactives, entre les centrales et les usines de retraitement.

Il est donc nécessaire de prévoir des procédés et dispositifs permettant de réaliser le stockage de longue durée de crayons de combustible non étanches sans opérations de transport entre les réacteurs nucléaires et des usines de retraitement ou, dans certains cas, le transport de crayons non étanches dans des enveloppes étanches.

On a proposé en particulier d'utiliser des capsules comportant une enveloppe tubulaire susceptible de contenir un crayon de combustible et qui est fermée à ses extrémités par des bouchons qui peuvent être fixés de manière étanche sur les parties d'extrémité de l'enveloppe de la capsule. Les bouchons fixés aux deux extrémités de la capsule comportent également chacun une soupape à l'intérieur d'un canal traversant le bouchon qui permet de réaliser une purge du crayon non étanche qui s'est généralement rempli d'eau à l'intérieur de la piscine, ainsi que la mise sous gaz inerte du volume interne de la capsule. Après fermeture étanche des bouchons aux extrémités de la capsule, on a réalisé un confinement du crayon présentant une fuite, de sorte qu'il n'est plus susceptible de causer une dissémination de produits radioactifs dans le milieu environnant. Les capsules sont prévues pour pouvoir être introduites dans des structures de support. Ces structures de support dans lesquelles les crayons non étanches ont été encapsulés peuvent être transportées vers un site de stockage, une usine de retraitement ou un laboratoire chaud pour examen ou expertise.

On connaît également des dispositifs de transport de matériaux combustibles irradiés qui comportent à l'intérieur d'un conteneur de transport équipé de moyens de fermeture des extrémités du conteneur, de moyens

d'amortissement des chocs et de moyens de préhension permettant sa maintenance, des étuis de forme tubulaire à section carrée qui peuvent être fermés de manière étanche par des fonds ou couvercles soudés aux extrémités de l'étui dans lequel on place les matériaux combustibles irradiés.

5 Dans le cas où l'on veut réaliser le stockage de longue durée ou l'entreposage de très longue durée de crayons combustibles non étanches qui sont stockés à l'intérieur d'une piscine, les dispositifs d'encapsulage ou de transport connus ne permettent pas de réaliser de manière simple et pratique le conditionnement de crayons combustibles non étanches en grande  
10 quantité.

On entend par "entreposage" de matières nucléaires, un stockage permettant de récupérer ces matières à un moment quelconque. Un tel entreposage de très longue durée peut être prévu par exemple sur une durée de 300 ans ou plus. Un stockage de longue durée peut être prévu par  
15 exemple pour une durée de 50 à 100 ans.

Dans le cas de l'exploitation continue d'un réacteur nucléaire, il peut être nécessaire, après un certain temps de fonctionnement du réacteur, de réaliser l'élimination d'un grand nombre de crayons non étanches qui ont été enlevés d'assemblages de combustible, au cours de campagnes successi-  
20 ves de rechargement et d'entretien du réacteur nucléaire.

Le but de l'invention est donc de proposer un procédé de conditionnement de crayons de combustible non étanches en vue de leur stockage ou de leur entreposage de longue ou de très longue durée, chacun des crayons de combustible non étanche comprenant des pastilles de matériau  
25 combustible dans une gaine tubulaire fermée à ses extrémités, présentant un défaut d'étanchéité, et les crayons de combustible non étanches étant déposés, dans une première étape, sous eau dans une piscine, de telle manière que ces crayons non étanches puissent être entreposés, dans une étape ultérieure, pendant une période de très longue durée (supérieure à  
30 300 ans) ou stockés pendant une période de longue durée (par exemple entre 50 et 100 ans) dans une installation adéquate.

Dans ce but :

- on met à disposition une pluralité de capsules destinées à recevoir chacune un crayon de combustible et comportant une enveloppe tubulaire et deux bouchons de fermeture de ses extrémités dont l'un au moins est amovible,

5           - on place une structure de chargement dans la piscine, dans une disposition lui permettant de recevoir au moins une capsule de la pluralité de capsules avec son axe vertical,

10           - on fixe, sur une extrémité supérieure ouverte de la structure de chargement, un dispositif de chargement de crayons combustibles dans la capsule,

15           - on prélève un par un les crayons non étanches dans un moyen de recueil intermédiaire dans lequel sont placés des crayons non étanches provenant d'au moins un assemblage de combustible et on introduit un par un les capsules vides de crayons dans la structure de chargement en position verticale, dans un emplacement de chargement à la verticale d'une ouverture du dispositif de chargement, et

pour chacune des capsules destinées à recevoir un crayon non étanche :

20           - on dévisse le bouchon amovible de la capsule situé à sa partie supérieure,

20           - on introduit un crayon défectueux dans la capsule à travers un dispositif de guidage placé suivant l'ouverture du dispositif de chargement,

- on revisse le bouchon supérieur de la capsule,

- on dispose la capsule renfermant le crayon défectueux dans un emplacement d'une structure de support, et

25           - on transporte et on stocke les crayons défectueux à l'intérieur des capsules placées dans la structure de support.

L'invention concerne également un dispositif de conditionnement pour la mise en œuvre du procédé de l'invention comportant :

30           - une structure de chargement de crayons défectueux dans les capsules comportant un emplacement de chargement de chaque capsule avec un crayon défectueux et un emplacement de remplissage de chaque capsule en gaz inerte,

- un dispositif de guidage et de maintien comportant des moyens de positionnement sur la structure de chargement,

- une structure de support de capsules pour un stockage de longue durée ou un entreposage de très longue durée, et

5       - un outil de manutention et de remplissage des capsules.

Selon des modalités de réalisation qui seront prises seules ou en combinaison :

10       - la structure de chargement comporte une ossature destinée à recevoir les capsules comportant un embout supérieur de manutention et un embout inférieur de direction transversale assemblés entre eux par des tirants de direction longitudinale et une pluralité de plaques entretoises de disposition transversale et réparties suivant la direction longitudinale de la structure de chargement comportant chacune un réseau d'ouvertures destinées à assurer chacune le passage et le maintien d'une capsule, dans cer-

15       taines desquelles sont engagés les tirants d'assemblage de l'ossature de la structure de chargement, la structure comportant un premier emplacement de chargement des capsules au voisinage d'un angle des sections transversales de la structure de chargement de forme carrée ;

20       - la structure de chargement comporte de plus un second emplacement suivant lequel l'embout inférieur de la structure de chargement comporte une ouverture de réception d'un bouchon de fermeture de l'extrémité inférieure d'une capsule dans laquelle est placé un pion en saillie vers l'intérieur de la structure de chargement et les bouchons inférieurs et supérieurs des capsules sont traversés axialement par un canal dans lequel est dispo-

25       sée une soupape de fermeture du canal rappelée en position de fermeture par un ressort hélicoïdal, l'extrémité débouchante du canal du bouchon supérieur comportant un moyen de raccordement d'un conduit d'amenée de gaz inerte et après avoir introduit un crayon défectueux dans une capsule et revissé le bouchon supérieur de la capsule au premier emplacement de

30       chargement, on transporte la capsule au second emplacement de remplissage en gaz inerte, on introduit le bouchon inférieur de la capsule dans le logement correspondant de l'embout inférieur, de telle sorte que le pion en saillie soulève la soupape du bouchon inférieur en position d'ouverture et on

envoie un gaz inerte sous pression tel que l'argon dans la partie d'extrémité d'entrée du canal du bouchon supérieur, pour réaliser l'ouverture de la soupape du bouchon supérieur puis le remplissage en gaz inerte de l'espace intérieur de la capsule, de l'eau ou des gaz contenus dans la capsule étant  
5 chassés par le canal du bouchon inférieur, on interrompt l'alimentation de gaz inerte après remplissage de l'espace interne de la capsule, de manière telle que la soupape de fermeture du bouchon supérieur se referme, le crayon défectueux étant alors stocké à l'intérieur de la capsule en atmosphère de gaz inerte sous pression ;

10 - la structure de support des capsules dans laquelle on réalise le transport et le stockage de longue durée des capsules renfermant les crayons défectueux est constituée par la structure de chargement elle-même ;

15 - la structure de support des capsules renfermant des crayons de combustible défectueux est constituée par un conteneur de transport et/ou de stockage comportant au moins un emplacement de réception de l'un au moins d'une structure de chargement et d'une capsule ;

20 - la structure de support est un moyen d'entreposage renfermant au moins un étui ayant sensiblement la forme et les dimensions d'un assemblage de combustible destiné à recevoir une pluralité de capsules et obturable par des couvercles étanches ;

- une barrière étanche est constituée autour de chacun des crayons défectueux par l'un au moins de la capsule renfermant le crayon et d'un étui renfermant la capsule ; et

25 - le moyen d'entreposage est réalisé pour recevoir au moins une structure de chargement à la place d'un étui.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en œuvre du procédé avec remplissage en gaz inerte des capsules, caractérisé par le fait que :

30 - la structure de chargement présente la forme et les dimensions d'un assemblage de combustible et comporte un embout supérieur et un embout inférieur assemblés entre eux par des tirants de direction longitudinale par rapport aux embouts de direction transversale, une pluralité de plaques en-

tretoises dans des dispositions transversales réparties suivant la direction longitudinale de la structure de chargement et un pion d'actionnement d'une soupape disposée dans un canal traversant un bouchon inférieur de chaque capsule (8), au niveau de l'emplacement de remplissage,

5           - le dispositif de chargement comporte une plaque de centrage munie de moyens de positionnement sur la structure de chargement, une première et une seconde ouvertures traversant la plaque de centrage et un moyen de serrage d'une capsule introduite dans la structure de chargement dans l'emplacement de chargement ainsi qu'une tulipe de guidage pouvant être placée sur la plaque de centrage au niveau de la première ouverture, et

10           - l'outil de manutention et de remplissage des capsules comporte un tube extérieur profilé pour son engagement sur un bouchon supérieur profilé d'une capsule et sa solidarisation en rotation avec le bouchon supérieur visible et dévissable sur un corps de la capsule et un tube intérieur d'amenée de gaz raccordable à un canal traversant le bouchon supérieur de chaque capsule.

En particulier :

20           - la structure de chargement peut comporter une pluralité d'emplacements de stockage de capsules et constituer la structure de support de capsules.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple, en se référant aux figures jointes en annexe, un mode de réalisation du procédé de conditionnement suivant l'invention et du dispositif pour sa mise en œuvre, dans le cas de stockage de crayons combustibles non étanches d'assemblages de combustible d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

La figure 1 est une vue schématique en élévation d'un assemblage de combustible d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

La figure 2 est une vue partielle en élévation d'une capsule destinée à recevoir un crayon non étanche de l'assemblage de combustible.

La figure 3 est une vue en coupe axiale de la capsule représentée sur la figure 2.

La figure 4 est une vue en élévation d'une structure de support de capsules sous la forme d'un carquois.

La figure 5 est une vue en coupe transversale suivant 5-5 de la figure 4.

5 La figure 6 est une vue de dessus d'un dispositif de chargement des capsules en crayons de combustible non étanches.

Sur la figure 1, on a représenté le squelette d'un assemblage de combustible pour réacteur nucléaire à eau sous pression désigné de manière générale par le repère 1.

10 Le squelette de l'assemblage de combustible 1 comporte en particulier des tubes-guides 2 de direction longitudinale et des grilles-entretoises 3 délimitant chacune un réseau de cellules destinées à recevoir des crayons de combustible, certaines cellules étant prévues pour le passage des tubes-guides 2 à l'intérieur des grilles-entretoises 3 réparties suivant la longueur  
15 des tubes 2.

Le squelette comporte de plus, à l'une de ses extrémités, un embout supérieur 4 et, à sa seconde extrémité, un embout inférieur 5, l'un au moins des embouts d'extrémité 4 et 5 assurant la fermeture de l'assemblage de combustible étant fixé de manière amovible, sur les extrémités des tubes 2.

20 On a représenté, à l'intérieur du squelette de l'assemblage de combustible 1, pour plus de clarté, un seul crayon de combustible 6 qui présente une longueur inférieure à la longueur des tubes-guides 2 et qui est engagé dans des cellules alignées des grilles-entretoises successives 3.

Le crayon de combustible 6 comporte une gaine 6a tubulaire, généralement en alliage de zirconium qui renferme une colonne de pastilles de combustible empilées dans la direction axiale du crayon et qui est fermée à ses extrémités par des bouchons de fermeture étanche 7. Les bouchons 7 du crayon de combustible 6 présentent une forme profilée, de manière à permettre l'accrochage de la pince d'un outil de manutention du crayon de combustible ou de mise en place des bouchons aux extrémités axiales de la  
25 gaine 6a.  
30

Après remplissage par des pastilles de combustible de la gaine fermée à l'une de ses extrémités par un bouchon, on met en place le second



bouchon et on réalise une vidange de l'air contenu dans la gaine et un remplissage de la gaine par de l'hélium sous pression.

5 Après un certain temps d'utilisation dans le cœur d'un réacteur nucléaire, certains des assemblages de combustible du cœur peuvent présenter des crayons dont la gaine est fissurée, si bien que cette gaine n'est plus étanche. Dans ce cas, l'hélium de remplissage est susceptible de s'échapper de la gaine en entraînant des produits de fission dans le circuit primaire du réacteur nucléaire.

10 Pendant une période de rechargement du réacteur nucléaire, on effectue, généralement dans la piscine du combustible de la centrale nucléaire, un contrôle des assemblages de combustible pour déterminer la présence éventuelle de crayons non étanches également appelés "crayons défectueux" dans ces assemblages de combustible.

15 Les crayons non étanches peuvent être prélevés dans des assemblages de combustible après démontage de leur embout supérieur ou inférieur suivant le procédé utilisé et stockés éventuellement dans un moyen de réception tel qu'un carquois, dans la piscine du combustible. Il est possible également de placer les assemblages de combustible ayant un ou plusieurs crayons non étanches dans des alvéoles de râteliers de stockage d'assemblages de combustible, à l'intérieur de la piscine du combustible.

20 Pour la mise en œuvre du procédé suivant l'invention, les crayons non étanches sont introduits dans des capsules qui sont ensuite fermées par des bouchons de manière étanche, à leurs extrémités.

25 Sur les figures 2 et 3, on a représenté une capsule 8 prévue pour contenir un crayon de combustible non étanche.

30 La capsule 8 comporte un corps tubulaire 8a généralement à section circulaire dont le diamètre intérieur est supérieur au diamètre de la gaine 6a et des bouchons 7 d'un crayon de combustible. Le corps tubulaire 8a de la capsule présente une longueur supérieure à la longueur d'un crayon de combustible, cette longueur étant par exemple proche de 5 mètres.

La gaine tubulaire 8a de la capsule 8 est fermée à son extrémité inférieure par un bouchon inférieur 9 qui peut être rapporté et fixé par soudage à l'extrémité inférieure de la gaine 8.

Le bouchon inférieur 9 est traversé suivant son axe par un canal comportant une partie d'extrémité inférieure 9a débouchant à l'extrémité inférieure de la capsule 8 et une partie supérieure 9b ayant un diamètre supérieur à la partie d'extrémité 9a et définissant un siège 9c pour une soupape de fermeture 10 du canal traversant axialement le bouchon inférieur de la capsule. L'obturateur de la soupape 10 est rappelé en position de fermeture sur le siège 9c par un ressort hélicoïdal 11 intercalé entre une pièce d'appui 12 vissée à l'intérieur d'une partie du canal 9' débouchant dans le corps tubulaire de la capsule et une partie d'appui de l'obturateur de la soupape 10.

La pièce d'appui 12 qui comporte des ouvertures axiales de passage de fluide assure la fixation et le support d'un élément de filtration 13 d'un fluide amené à s'écouler à travers le canal 9' à la partie d'extrémité inférieure de la capsule 8, lors de l'ouverture de la soupape 10.

Un second bouchon ou bouchon supérieur 14 est destiné à fermer l'extrémité supérieure de la gaine 8a de la capsule 8 de manière amovible.

Sur la figure 2, on a représenté le bouchon 14 de fermeture supérieure de la capsule qui est introduit à l'intérieur d'un outil 15 de vissage et d'amenée de gaz sous pression dans la capsule.

Sur la figure 3, on a représenté le bouchon 14 en position de fermeture à l'extrémité supérieure de la capsule, après qu'on a introduit un crayon de combustible 6 comportant des bouchons d'extrémité 7 à l'intérieur de la capsule.

Le bouchon 14 comporte une partie filetée 14a destinée à être introduite et vissée dans une ouverture taraudée, à l'extrémité supérieure de la gaine 8a de la capsule 8. Le bouchon vissé est en appui étanche sur une surface d'appui à l'extrémité axiale du corps 8a de la capsule 8. Le bouchon 14 comporte une partie d'extrémité 14b opposée à sa partie filetée 14a qui présente une forme profilée, par exemple à section hexagonale permettant de solidariser en rotation le bouchon 14 et un fourreau extérieur 15a de l'outil 15 pour assurer le vissage ou le dévissage du bouchon.

Le bouchon 14 est traversé suivant toute sa longueur dans la direction axiale par un canal 16 comportant une partie d'extrémité 16a débouchant à l'extrémité supérieure de la capsule et une partie 16b à plus grand

diamètre que la partie 16a débouchant à l'extrémité du bouchon 14 destinée à être introduite dans la gaine 8a de la capsule. Entre la première partie 16a du canal 16 et la seconde partie 16b à plus grand diamètre, est ménagé un siège 16c pour assurer l'appui d'un obturateur d'une soupape 17 de fermeture du canal 16 rappelé en position de fermeture par un ressort hélicoïdal 18 intercalé entre un élément d'appui 19 vissé dans la partie d'extrémité débouchant dans la partie 16b du canal 16 et un épaulement d'appui de l'obturateur de soupape 17.

5 L'élément d'appui vissé 19 comporte des canaux axiaux de passage de fluide.

La première partie 16a du canal 16 débouchant à l'extrémité supérieure de la capsule comporte un taraudage de fixation d'un tube 15b d'amenée de gaz fixé en position coaxiale à l'intérieur du tube extérieur profilé de l'outil 15 utilisé pour le vissage et le dévissage des bouchons supérieurs des capsules.

15 Sur la figure 4, on a représenté une structure 20 constituant à la fois une structure de chargement et une structure de support de capsule 8 qui peut être utilisée, d'une part, pour le remplissage des capsules en crayons non étanches et, d'autre part, pour le stockage des capsules renfermant des crayons non étanches.

La structure de support 20 ou carquois présente la forme et les dimensions d'un assemblage de combustible pour réacteur nucléaire à eau sous pression tel que représenté sur la figure 1.

25 En particulier, la structure de support 20 comporte un embout supérieur 21a et un embout inférieur 21b ayant une section de forme carrée dont le côté est sensiblement égal au côté d'un embout carré d'assemblage de combustible.

L'embout supérieur 21a comporte des moyens pour assurer la manutention de la structure de support 20, par des dispositifs de manutention analogues à ceux utilisés pour la manutention d'assemblages de combustible dans la piscine du combustible du réacteur nucléaire. L'embout supérieur 21a comporte de plus des manchettes de fixation 22 prolongeant l'embout dans la direction axiale vers le bas et suivant une certaine hauteur. Les

manchettes 22 assurent l'assemblage de l'embout supérieur réalisé sous forme démontable et de tirants 23 de direction axiale disposés suivant deux angles de la structure de support à section carrée. L'assemblage des tirants 23 et de la manchette 22 de l'embout supérieur 21a est assuré par un boulon 24 introduit dans la manchette 22, au niveau de deux angles de la structure disposés suivant une diagonale de la section carrée de la structure 20. Les boulons 24 peuvent être vissés ou dévissés depuis la partie supérieure de l'embout de manutention 21a pour assurer la fixation ou le démontage de l'embout 21a. Les tirants 23 sont fixés à leur partie inférieure sur l'embout inférieur 21b et assurent la liaison entre les deux embouts et la transmission des efforts, lorsque la structure de support est chargée en capsules renfermant des crayons non étanches. La structure de support 20 comporte également des plaques entretoises 25 qui sont réparties suivant la longueur de la structure, dans la direction axiale, et qui comportent des ouvertures de passage des tirants assurant l'assemblage et la rigidité de la structure. Chacune des plaques entretoises 25 est traversée par un réseau d'ouvertures permettant chacune le passage d'une capsule 8, les grilles-entretoises permettant de maintenir les capsules 8 suivant une disposition en réseau dans les plans transversaux de la structure, comme représenté sur la figure 5.

La structure de support 20 peut comporter également des cornières de rigidification et d'assemblage 26, dans la direction longitudinale axiale et suivant ses quatre arêtes verticales. Toutefois, pour pouvoir effectuer un démantèlement et un retraitement de la structure, il est préférable de ne pas utiliser de cornières d'angle et de rigidifier la structure à l'aide de tubes ou tirants disposés suivant certains emplacements de capsules à l'intérieur de la structure.

Le réseau d'emplacements de stockage dans chacun desquels est placée une capsule 8, comme représenté sur la figure 5, comporte deux emplacements aux positions particulières 27a et 27b servant, pour l'un (27a), pour le remplissage des capsules 8 en crayons non étanches et, pour l'autre (27b), pour la mise sous pression de gaz inerte de l'intérieur de la capsule.

L'embout inférieur 21b comporte des logements 29 destinés à recevoir chacun le bouchon inférieur 9 d'une capsule 8, les ouvertures 29 étant disposées suivant un réseau correspondant au réseau des ouvertures de passage des plaques entretoises 25.

5 Pour faciliter le retraitement de la structure, il est préférable de ne pas encastrer les capsules 8 dans l'embout inférieur 21b de manière à pouvoir réserver un jeu axial approprié.

10 Comme il est visible sur la figure 5, à l'emplacement 27b, l'embout inférieur 21b comporte, dans l'ouverture de réception 29 d'une extrémité inférieure de capsule, un pion 31 en saillie vers le haut permettant d'actionner la soupape 10 du bouchon inférieur 9 d'une capsule introduite dans l'emplacement 27b de la structure de support pour ouvrir la soupape et permettre l'échappement d'eau contenue dans la capsule pour réaliser le remplissage en gaz inerte de l'intérieur de la capsule 8.

15 Sur la figure 6, on a représenté un dispositif de guidage et de maintien de capsules désigné de manière générale par le repère 32 qui est destiné à être placé au-dessus de la partie supérieure de la structure de support 20 après démontage de l'embout supérieur 21a.

20 Le dispositif de guidage et de maintien 32 comporte une plaque de centrage 32a de forme carrée ayant la dimension de la section de la structure de support 20 et comportant, suivant deux angles placés suivant une diagonale de la plaque 32a, deux ouvertures de positionnement 33 ouvertes vers l'extérieur et suivant le bord desquelles sont montées des pièces de guidage fixées sur la plaque de centrage 32a.

25 La plaque de centrage 32a est de plus traversée, dans deux parties situées dans des angles de la plaque 32a placées suivant la seconde diagonale de la section, par des ouvertures 34a et 34b permettant d'assurer le passage de capsules respectivement vers les emplacements 27a et 27b, lorsque le dispositif de guidage et de maintien 32 est engagé par ses ouvertures 33 sur des moyens de centrage de la structure de support 20.

30 Sous la plaque 32a du dispositif de guidage et de maintien 32 est disposé un vérin de serrage 35 dont la tige dirigée suivant la seconde diagonale de la plaque 32a est solidaire d'un patin de serrage 36 dirigé vers l'ou-

5        verture 34a dans laquelle on peut réaliser l'introduction d'une capsule 8. Par actionnement du vérin 35, on peut déplacer le patin de serrage pour qu'il vienne en prise avec la surface extérieure d'une capsule pour réaliser son maintien, en particulier à l'encontre d'un couple de dévissage ou de vissage du bouchon supérieur de la capsule.

      La plaque 32a comporte également une ouverture de manutention 37 au voisinage de sa partie centrale pour permettre la prise du dispositif 32 pour sa mise en place sur la structure de support à l'intérieur de la piscine du combustible.

10        La plaque 32a comporte également un évidement 38 permettant l'introduction de capsules dans des emplacements différents des emplacements 27a et 27b.

      On va maintenant décrire une opération de conditionnement d'un crayon de combustible non étanche selon l'invention.

15        Les crayons défectueux non étanches se trouvent à l'intérieur de la piscine du combustible, soit dans des assemblages de combustible en cours de réparation dont on a enlevé un embout pour donner accès aux crayons de combustible, soit dans une structure de recueil intermédiaire de crayons défectueux telle qu'un carquois ayant la forme d'un assemblage de combustible.

20        Le carquois pour crayons défectueux ou le ou les assemblages présentant des crayons défectueux sont déposés dans un râtelier de stockage d'assemblages de combustible dans le fond de la piscine. Une première opération consiste à transférer les crayons défectueux dans une station de  
25        réparation d'assemblages non étanches à proximité de la nacelle du descenseur d'assemblages de combustibles de la piscine.

      Puis on met en place, dans le descenseur desservant la piscine du combustible, le carquois pour capsules 20 constituant la structure de support de capsules et on enlève l'embout supérieur de manutention 21a du carquois pour capsules 20.

30        On met en place le dispositif de guidage et de maintien 32 sur la structure de support 20 des capsules. On prend en charge une capsule vide avec l'outil de manutention de capsules 15 dont le tube extérieur profilé 15a

est engagé sur la partie profilée du bouchon supérieur de la capsule et le tube intérieur vissé à l'intérieur de l'ouverture taraudée du bouchon supérieur de la capsule.

5 Les capsules 8 pour crayons non étanches sont stockées soit sur le bord de la piscine, soit dans le carquois pour capsules 20 constituant la structure de support.

10 On introduit la capsule prise en charge par l'outil de manutention, à travers l'ouverture 34a du dispositif de guidage et de maintien 32, dans l'emplacement de chargement 27a de la structure de support 20. On réalise le bridage de la capsule par actionnement du vérin 35 du dispositif de guidage et de maintien 32, le patin de serrage 36 assurant le serrage du corps de la capsule contre une pièce d'appui solidaire de la plaque 32a du dispositif 32.

15 On dévisse le bouchon supérieur 14 de la capsule 8 avec l'outil de manutention 15 de la capsule, le bouchon 14 restant solidaire de l'outil de manutention 15 après le dévissage.

On met en place une tulipe de guidage 39 au-dessus de la plaque de centrage 32a du dispositif 32, la tulipe 39 comportant une partie tronconique évasée dirigée vers le haut.

20 On extrait un crayon non étanche de la station de réparation d'assemblages de combustible à l'aide d'un outil de manutention de crayons de la piscine du combustible.

On introduit le crayon défectueux dans la capsule 8 disposée dans l'emplacement 27a grâce à la tulipe 39 servant au guidage du crayon non étanche.

25 La plaque de centrage 32 est entourée par un bord relevé constituant un cadre de protection 40 qui permet de maintenir, sur la plaque, des pastilles de combustible tombées éventuellement lors de la mise en place du crayon de combustible dans la capsule.

30 Le dispositif permet de réaliser l'encapsulage de tout crayon défectueux, même dans le cas de crayons fortement détériorés ou cassés.

On réalise le serrage du bouchon avec un couple de serrage prédéterminé puis on desserre le patin de bridage 36 pour libérer la capsule.

On transfère la capsule avec l'outil de manutention 15, d'abord au-dessus de l'emplacement 27b de la structure de support, puis on introduit la capsule dans l'emplacement 27b à travers l'ouverture 34b de la plaque 32a.

5 Lorsque le bouchon inférieur 9 de la capsule 8 parvient dans l'ouverture 29 de l'embout inférieur 21b, le pion 31 actionne la soupape 10 dans le sens de l'ouverture, pour ouvrir l'espace intérieur de la capsule vers la piscine.

On introduit du gaz inerte sous pression, par exemple de l'argon ou de l'hélium, dans l'espace interne de la capsule, en alimentant le tube intérieur 15b de l'outil de manutention 15 en gaz inerte sous pression qui repousse la soupape 17 du bouchon supérieur 14 de la capsule dans le sens de l'ouverture. Le gaz inerte sous pression chasse l'eau qui se trouve dans la capsule pour la renvoyer dans la piscine du combustible après passage à travers le filtre 13.

15 Lorsque le remplissage en gaz inerte de la capsule est terminé, on soulève la capsule à l'aide de l'outil de manutention 15, ce qui permet de refermer la soupape 10 du bouchon inférieur 9.

On met alors en place la capsule 8 renfermant un crayon non étanche, dans un emplacement de stockage de la structure de support 20.

20 Lorsqu'on a réalisé le remplissage de la structure de support 20, chacun des emplacements contenant une capsule renfermant un crayon non étanche, on remet en place l'embout supérieur du carquois et on dépose le carquois rempli de capsules dans le râtelier de stockage des assemblages de combustible en fond de piscine.

25 On peut procéder ensuite à des opérations de transport, de stockage ou d'entreposage.

Un stockage de longue durée ou un entreposage de très longue durée des crayons non étanches peut être réalisé ultérieurement dans une installation appropriée.

30 La structure de support renfermant des capsules contenant les crayons non étanches peut être transportée vers un site de stockage de longue durée ou d'entreposage de très longue durée sur lequel des structures de stockage peuvent être déposées dans des emplacements réservés.



Pendant le transport et le stockage ou l'entreposage, la capsule 8 constitue une barrière pour le combustible en plus de la première barrière constituée par la gaine du crayon qui est défectueuse.

5 La paroi de la capsule qui est généralement en acier inoxydable permet d'éviter tout rejet de produit radioactif à l'extérieur de la capsule, soit pendant le transport, soit pendant le stockage de longue durée ou l'entreposage de très longue durée.

10 Le transport et la manutention de la structure de stockage 20 sont réalisés sans difficulté dans la mesure où la structure de stockage contenant des crayons défectueux présente les mêmes caractéristiques géométriques et mécaniques qu'un assemblage de combustible et une masse voisine.

15 Un stockage de longue durée ou un entreposage de très longue durée à l'intérieur des capsules est possible. En tenant compte du fait que les gaz de fission contenus à l'origine dans le crayon se sont échappés à travers les fissures des gaines des crayons non étanches, on a évalué l'augmentation de pression à l'intérieur de la gaine, par génération d'hélium, au cours d'une période de l'ordre de trois cents ans. L'augmentation de pression prévisible s'avère limitée et ne met pas en cause la résistance de la capsule. La puissance résiduelle des crayons dépend du temps de stockage  
20 en piscine avant encapsulage du crayon ; en pratique, des niveaux de puissance résiduelle acceptables peuvent être obtenus avant encapsulage des crayons non étanches.

25 La température des crayons non étanches, à l'intérieur des capsules sera inférieure à 400°C dans tous les cas, cette température étant de l'ordre de 200°C pendant les premières années de stockage lorsque le combustible est l'oxyde d'uranium  $UO_2$ .

Le procédé de stockage suivant l'invention peut donc être utilisé pour des stockages d'une durée de cinquante à cent ans ou des entreposages d'une durée allant jusqu'à trois cents ans, par exemple.

30 La structure de support peut être constituée par un conteneur de transport et/ou de stockage comportant au moins un emplacement (et généralement plusieurs emplacements) de réception d'une structure de chargement ou d'une capsule.

Un moyen d'entreposage peut être utilisé, dans le cadre de l'invention, comme structure de support de capsules 8 renfermant des crayons défectueux en vue de leur entreposage de très longue durée. Pour cela, le moyen d'entreposage renfermant au moins un étui dont la partie supérieure est ouverte peut être disposé dans la piscine du combustible, pour recevoir des capsules. On peut également réaliser le remplissage des étuis à l'extérieur de la piscine, dans une installation appropriée.

Après qu'on a effectué le remplissage d'une capsule 8 en introduisant un crayon défectueux dans la capsule, puis une mise sous pression de gaz inerte de l'intérieur de la capsule et une fermeture étanche du bouchon dans une structure de chargement telle que la structure 20, comme décrit plus haut, on prend en charge la capsule et on vient la déposer dans le ou l'un des étuis du moyen d'entreposage.

Lorsque l'étui est rempli de capsules, on referme l'étui.

On peut réaliser le transport du moyen d'entreposage renfermant les étuis remplis de capsules vers une zone d'entreposage de très longue durée des crayons de combustible non étanches à l'intérieur des capsules elles-mêmes contenues dans les étuis du moyen d'entreposage.

Dans tous les cas, on évite toute dissémination de produits radioactifs dans l'environnement extérieur et on réalise un conditionnement du crayon défectueux de telle sorte qu'il puisse être entreposé pendant une très longue durée.

La structure d'entreposage peut être prévue pour recevoir au moins une structure de chargement telle que décrite plus haut, à la place d'un (ou plusieurs) étuis.

L'invention ne se limite pas strictement aux modes de réalisation qui ont été décrits.

C'est ainsi que la capsule peut présenter une forme différente de celle qui a été décrite de manière détaillée ci-dessus et que la structure de support pour le transport et le stockage des capsules peut présenter une forme différente d'un carquois, d'un conteneur ou d'un moyen d'entreposage tels que décrits.

L'invention s'applique au conditionnement de crayons non étanches d'assemblages de combustible pour tout type de réacteurs refroidis par de l'eau.

REVENDICATIONS

- 1.- Procédé de conditionnement de crayons de combustible non étanches (6) en vue de leur transport et de leur stockage de longue durée ou de leur entreposage de très longue durée, chacun des crayons de combustible non étanches (ou crayons défectueux) (6) comportant des pastilles de matériau combustible dans une gaine tubulaire (6a) fermée à ses extrémités présentant un défaut d'étanchéité et les crayons de combustible non étanches étant déposés, dans une première étape, sous eau dans une piscine, caractérisé par le fait :
- 5 - qu'on met à disposition une pluralité de capsules destinées à recevoir chacune un crayon de combustible et comportant une enveloppe tubulaire (8a) et deux bouchons (9, 14) de ses extrémités, dont l'un au moins est amovible,
  - 10 - qu'on place une structure de chargement (20) dans la piscine, dans une disposition lui permettant de recevoir au moins une capsule de la pluralité de capsules (8) avec son axe vertical
  - 15 - qu'on fixe, sur une extrémité supérieure ouverte de la structure de chargement (20), un dispositif de chargement (32) de crayon de combustible (6) dans la capsule (8),
  - 20 - qu'on prélève un par un les crayons non étanches dans un moyen de recueil intermédiaire dans lequel sont placés des crayons non étanches provenant d'au moins un assemblage de combustible et qu'on introduit une par une les capsules vides de crayons dans la structure de chargement (20) en position verticale dans un emplacement de chargement (27a) à la verticale d'une ouverture (34a) du dispositif de chargement (32), et que, pour
  - 25 chacune des capsules (8) destinées à recevoir un crayon défectueux (6) :
    - . on dévisse un bouchon (14) de la capsule (8) située à sa partie supérieure, on introduit un crayon défectueux (6) dans la capsule à travers un dispositif de guidage (29) placé suivant l'ouverture (34a) du dispositif de
    - 30 chargement (32), on revisse le bouchon supérieur (14) de la capsule (8),
    - . on dispose la capsule (8) renfermant le crayon défectueux dans un emplacement d'une structure de support (20),

- qu'on transporte et qu'on stocke les crayons défectueux (6) à l'intérieur des capsules (8) placées dans la structure de support (20).

2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la structure de chargement comporte une ossature destinée à recevoir les capsules (8) comportant un embout supérieur de manutention (21a) et un  
5 embout inférieur (21b) de direction transversale assemblés entre eux par des tirants (23) de direction longitudinale et une pluralité de plaques entretoises (25) de disposition transversale et réparties suivant la direction longitudinale de la structure de chargement (20) comportant chacune un réseau  
10 d'ouvertures destinées à assurer chacune le passage et le maintien d'une capsule (8), dans certaines desquelles sont engagés les tirants (23) d'assemblage de l'ossature de la structure de chargement (20), la structure (20) comportant un premier emplacement (27a) de chargement des capsules au voisinage d'un angle des sections transversales de la structure de charge-  
15 ment de forme carrée.

3.- Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que la structure de chargement comporte de plus un second emplacement (27b) suivant lequel l'embout inférieur (21b) de la structure de chargement comporte une ouverture de réception (29) d'un bouchon de fermeture de l'extré-  
20 mité inférieure d'une capsule dans laquelle est placé un pion (31) en saillie vers l'intérieur de la structure de chargement et que les bouchons inférieurs (9) et supérieurs (14) des capsules (8) sont traversés axialement par un canal dans lequel est disposée une soupape (10, 17) de fermeture du canal  
rappelée en position de fermeture par un ressort hélicoïdal (11, 18), l'extré-  
25 mité débouchante du canal (16) du bouchon supérieur (14) comportant un moyen de raccordement d'un conduit (15b) d'amenée de gaz inerte et qu'après avoir introduit un crayon défectueux dans une capsule (8) et revis-  
sé le bouchon supérieur (14) de la capsule (8) au premier emplacement de chargement (27a), on transporte la capsule (8) au second emplacement  
30 (27b) de remplissage en gaz inerte, on introduit le bouchon inférieur (9) de la capsule dans le logement (29) correspondant de l'embout inférieur (21b), de telle sorte que le pion (31) en saillie soulève la soupape (10) du bouchon inférieur (9) en position d'ouverture et on envoie un gaz inerte sous pression

tel que l'argon dans la partie d'extrémité d'entrée (16a) du canal (16) du bouchon supérieur (14), pour réaliser l'ouverture de la soupape (17) du bouchon supérieur (14) puis le remplissage en gaz inerte de l'espace intérieur de la capsule (8), de l'eau ou des gaz contenus dans la capsule (8) étant  
5 chassés par le canal (9a) du bouchon inférieur (9), on interrompt l'alimentation de gaz inerte après remplissage de l'espace interne de la capsule (8), de manière telle que la soupape de fermeture (17) du bouchon supérieur (14) se referme, le crayon défectueux (6) étant alors stocké à l'intérieur de la capsule (8) en atmosphère de gaz inerte sous pression.

10 4.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé par le fait que la structure de support (20) des capsules (8) dans laquelle on réalise le transport et le stockage de longue durée des capsules (8) renfermant les crayons défectueux est constituée par la structure de chargement (20) elle-même.

15 5.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la structure de support (20) des capsules (8) renfermant des crayons de combustible défectueux est constituée par un conteneur de transport et/ou de stockage comportant au moins un emplacement de réception de l'un au moins d'une structure de chargement (20) et d'une capsule (8).

20 6.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la structure de support (20) est un moyen d'entreposage renfermant au moins un étui ayant sensiblement la forme et les dimensions d'un assemblage de combustible destiné à recevoir une pluralité de capsules (8) et obturable par des couvercles étanches.

25 7.- Procédé suivant la revendication 6, caractérisé par le fait qu'une barrière étanche est constituée autour de chacun des crayons défectueux par l'un au moins de la capsule (8) renfermant le crayon et d'un étui renfermant la capsule (8).

30 8.- Procédé suivant la revendication 6, caractérisé par le fait que le moyen d'entreposage est réalisé pour recevoir au moins une structure de chargement (20) à la place d'un étui.

9.- Dispositif de conditionnement pour la mise en œuvre d'un procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte :

- une structure de chargement (20) de crayons défectueux (6) dans les capsules (8) comportant un emplacement (27a) de chargement de chaque capsule (8) avec un crayon défectueux et un emplacement (27b) de remplissage de chaque capsule (8) en gaz inerte,
- 5       - un dispositif de guidage et de maintien (32) comportant des moyens (3) de positionnement sur la structure de chargement (20),
- une structure de support (20) de capsules (8) pour un stockage de longue durée ou un entreposage de très longue durée, et
- un outil (15) de manutention et de remplissage des capsules (8).
- 10       10.- Dispositif suivant la revendication 9 pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que :
- la structure de chargement (20) présente la forme et les dimensions d'un assemblage de combustible (1) et comporte un embout supérieur (21a) et un embout inférieur (21b) assemblés entre eux par des tirants (23) de direction longitudinale par rapport aux embouts (21a, 21b) de direction trans-
- 15       versale, une pluralité de plaques entretoises (25) dans des dispositions transversales réparties suivant la direction longitudinale de la structure de chargement (20) et un pion d'actionnement (31) d'une soupape (10) disposée dans un canal (9a, 9b) traversant un bouchon inférieur (9) de chaque
- 20       capsule (8), au niveau de l'emplacement de remplissage (27b),
- le dispositif de chargement (32) comporte une plaque de centrage (32a) munie de moyens (33) de positionnement sur la structure de chargement (20), une première et une seconde ouvertures (34a, 34b) traversant la plaque de centrage (32a) et un moyen (35, 36) de serrage d'une capsule (8)
- 25       introduite dans la structure de chargement (20) dans l'emplacement de chargement (27a) ainsi qu'une tulipe de guidage (39) pouvant être placée sur la plaque de centrage (32a) au niveau de la première ouverture (34a), et
- l'outil (15) de manutention et de remplissage des capsules (8) comporte un tube extérieur (15a) profilé pour son engagement sur un bouchon
- 30       supérieur (14) profilé d'une capsule (8) et sa solidarisation en rotation avec le bouchon supérieur (14) vissable et dévissable sur un corps (8a) de la capsule (8) et un tube intérieur (15b) d'amenée de gaz raccordable à un canal (14b, 14c) traversant le bouchon supérieur (14) de chaque capsule (8).

11.- Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que la structure de chargement (20) comporte une pluralité d'emplacements de stockage de capsules (8) et constitue la structure de support de capsules (8).



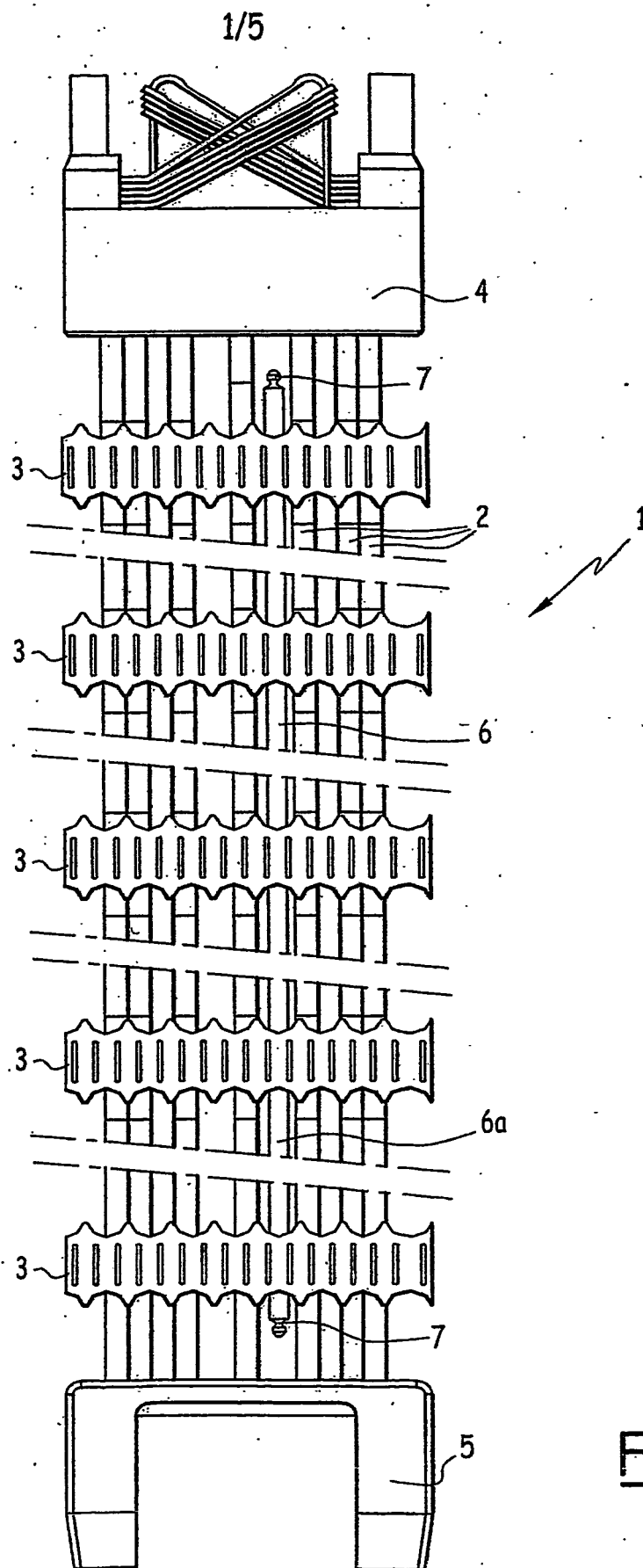


FIG.1

2/5

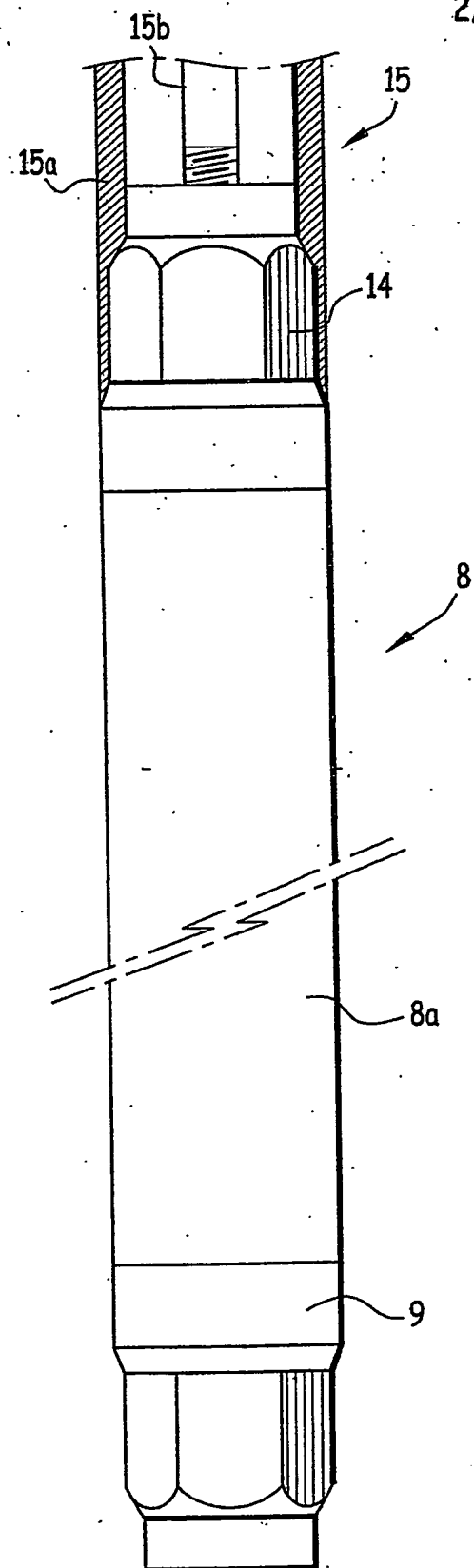


FIG. 2

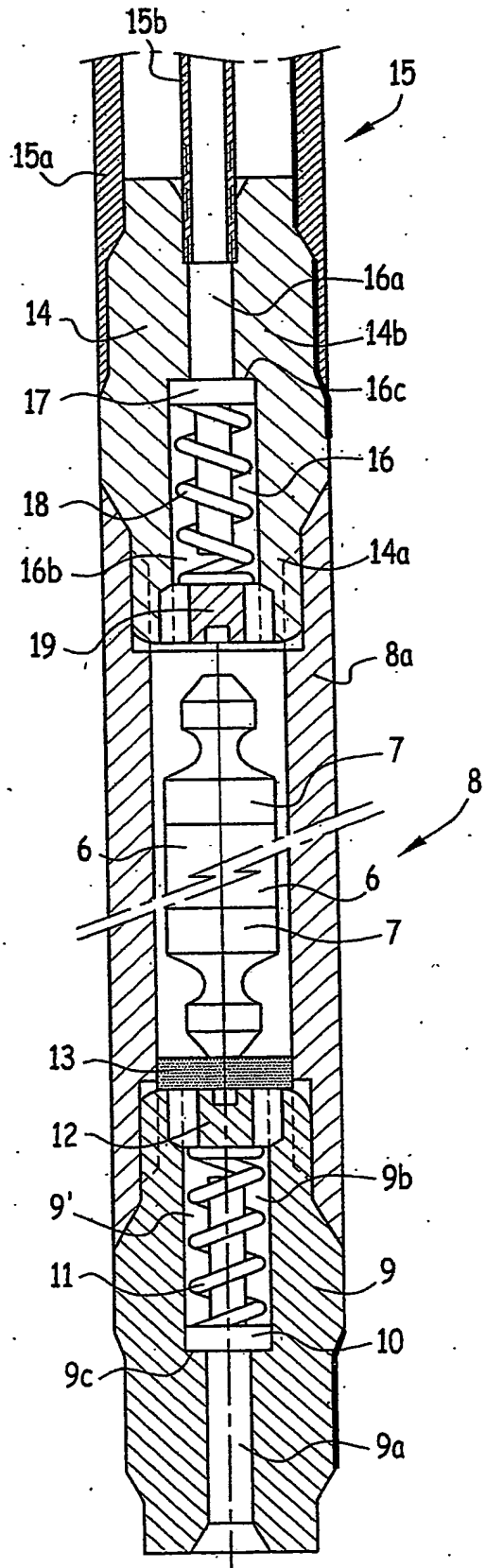
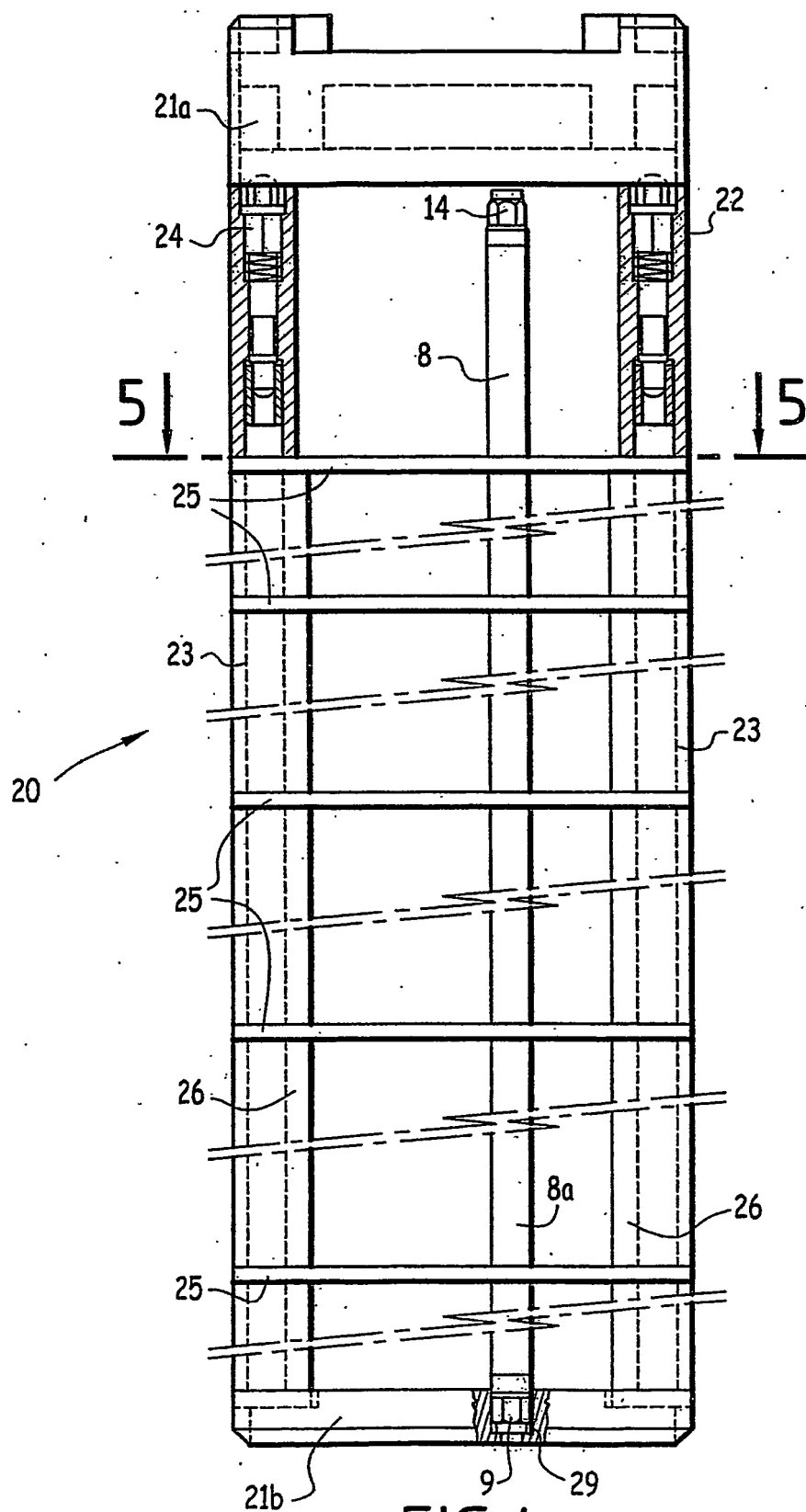


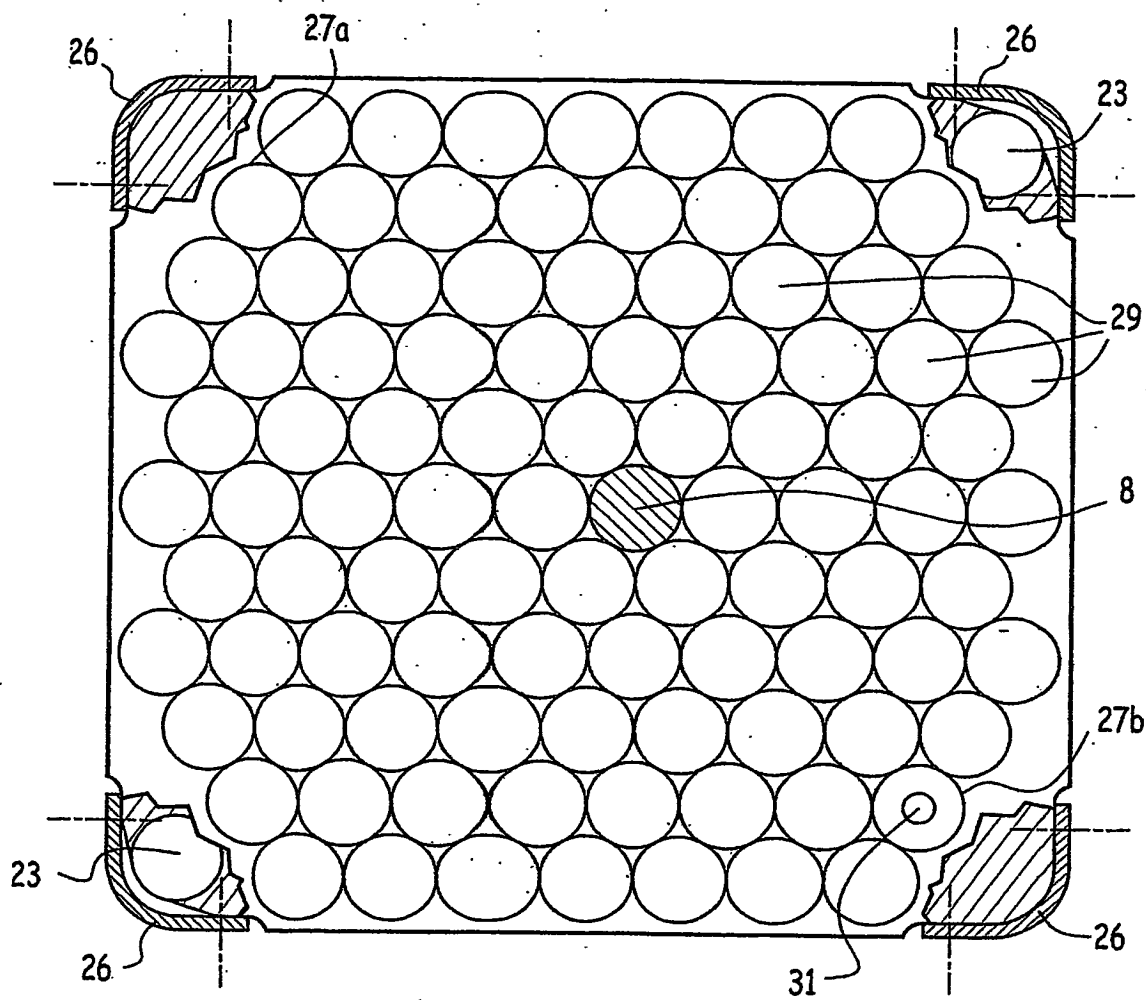
FIG. 3

3/5

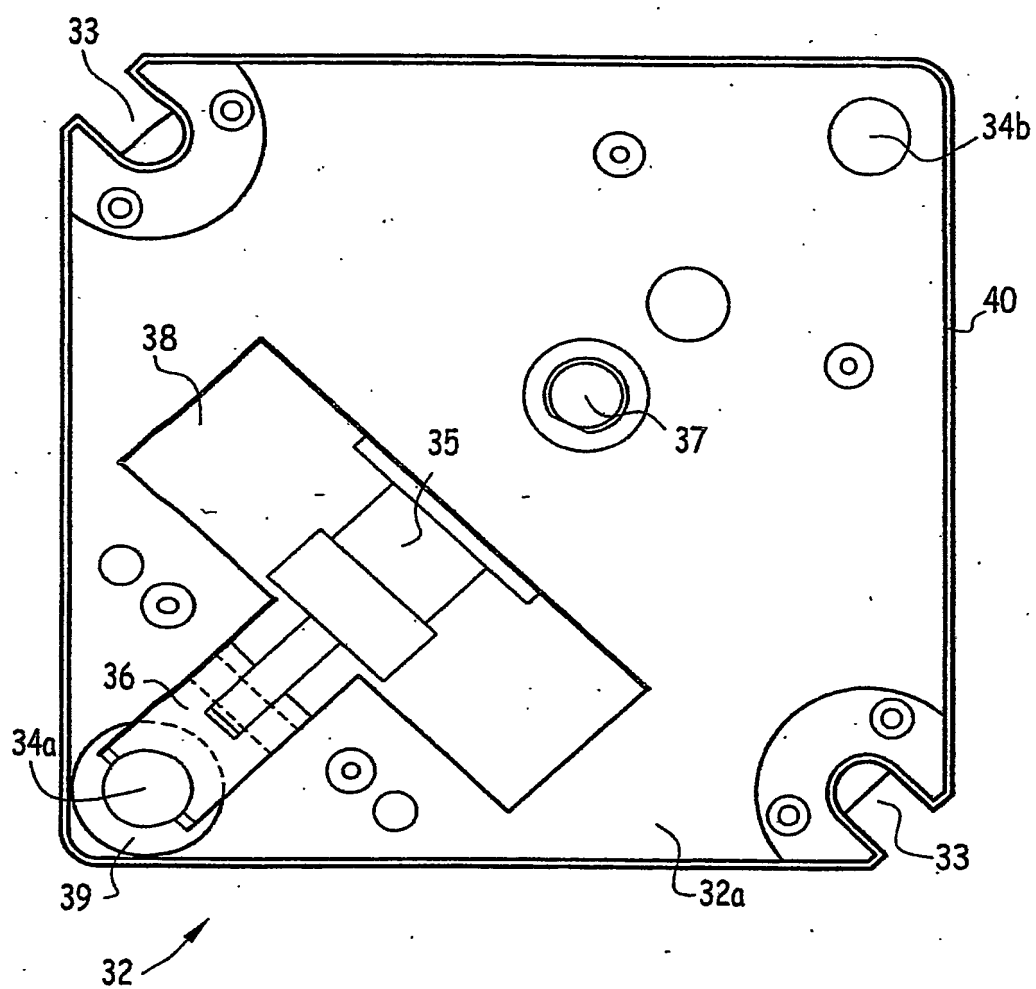


**FIG. 4**

4/5

FIG. 5

5/5

FIG. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/002389

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G21F5/008 G21F5/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G21C G21F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 3 216 174 A (HEDGE COCK JACKSON L ET AL) 9 November 1965 (1965-11-09) the whole document	1,9
A	-----	3,10
Y	DE 196 40 393 A (SIEMENS AG) 2 April 1998 (1998-04-02) the whole document	1,9
A	-----	2-8,10, 11
A	EP 0 147 183 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 3 July 1985 (1985-07-03) abstract page 5, line 9 - line 12 -----	1
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 May 2005

Date of mailing of the international search report

08/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Deroubaix, P

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/002389

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 248 270 A (FRAMATOME ANF GMBH) 9 October 2002 (2002-10-09) the whole document -----	1-11
A	FR 2 530 366 A (KRAFTWERK UNION AG) 20 January 1984 (1984-01-20) the whole document -----	1-3, 9, 10
A	EP 0 218 054 A (KRAFTWERK UNION AG) 15 April 1987 (1987-04-15) the whole document -----	2, 4-6, 9-11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/002389

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3216174	A	09-11-1965	US 3137397 A	16-06-1964
			AT 246290 B	12-04-1966
			CH 411147 A	15-04-1966
			CH 421320 A	30-09-1966
			DE 1464626 B1	24-09-1970
			DE 1223464 B	25-08-1966
			FR 1337829 A	20-09-1963
			FR 1334611 A	09-08-1963
			GB 964051 A	15-07-1964
			GB 964679 A	22-07-1964
			US 3136432 A	09-06-1964
DE 19640393	A	02-04-1998	DE 19640393 A1	02-04-1998
EP 0147183	A	03-07-1985	US 4603027 A	29-07-1986
			DE 3470106 D1	28-04-1988
			EP 0147183 A2	03-07-1985
			ES 8702026 A1	01-03-1987
			JP 1590178 C	30-11-1990
			JP 2014677 B	09-04-1990
			JP 60186782 A	24-09-1985
			KR 9107920 B1	04-10-1991
			US 4687619 A	18-08-1987
EP 1248270	A	09-10-2002	DE 10116627 A1	24-10-2002
			EP 1248270 A1	09-10-2002
FR 2530366	A	20-01-1984	DE 3226986 A1	19-01-1984
			FR 2530366 A1	20-01-1984
EP 0218054	A	15-04-1987	DE 3531093 A1	05-03-1987
			DE 3664242 D1	10-08-1989
			EP 0218054 A1	15-04-1987
			ES 2003869 A6	01-12-1988
			JP 62055596 A	11-03-1987



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Recherche Internationale No  
PCT/FR2004/002389

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G21F5/008 G21F5/12

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 G21C G21F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 3 216 174 A (HEDGECK JACKSON L ET AL) 9 novembre 1965 (1965-11-09) le document en entier	1,9
A	-----	3,10
Y	DE 196 40 393 A (SIEMENS AG) 2 avril 1998 (1998-04-02) le document en entier	1,9
A	-----	2-8,10, 11
A	EP 0 147 183 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 3 juillet 1985 (1985-07-03) abrégé page 5, ligne 9 - ligne 12 -----	1
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 mai 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/06/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Deroubaix, P

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Recherche Internationale No  
PCT/FR2004/002389

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 1 248 270 A (FRAMATOME ANF GMBH) 9 octobre 2002 (2002-10-09) le document en entier -----	1-11
A	FR 2 530 366 A (KRAFTWERK UNION AG) 20 janvier 1984 (1984-01-20) le document en entier -----	1-3, 9, 10
A	EP 0 218 054 A (KRAFTWERK UNION AG) 15 avril 1987 (1987-04-15) le document en entier -----	2, 4-6, 9-11

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Recherche Internationale No

PCT/FR2004/002389

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3216174	A	09-11-1965	US 3137397 A	16-06-1964
			AT 246290 B	12-04-1966
			CH 411147 A	15-04-1966
			CH 421320 A	30-09-1966
			DE 1464626 B1	24-09-1970
			DE 1223464 B	25-08-1966
			FR 1337829 A	20-09-1963
			FR 1334611 A	09-08-1963
			GB 964051 A	15-07-1964
			GB 964679 A	22-07-1964
			US 3136432 A	09-06-1964
DE 19640393	A	02-04-1998	DE 19640393 A1	02-04-1998
EP 0147183	A	03-07-1985	US 4603027 A	29-07-1986
			DE 3470106 D1	28-04-1988
			EP 0147183 A2	03-07-1985
			ES 8702026 A1	01-03-1987
			JP 1590178 C	30-11-1990
			JP 2014677 B	09-04-1990
			JP 60186782 A	24-09-1985
			KR 9107920 B1	04-10-1991
			US 4687619 A	18-08-1987
EP 1248270	A	09-10-2002	DE 10116627 A1	24-10-2002
			EP 1248270 A1	09-10-2002
FR 2530366	A	20-01-1984	DE 3226986 A1	19-01-1984
			FR 2530366 A1	20-01-1984
EP 0218054	A	15-04-1987	DE 3531093 A1	05-03-1987
			DE 3664242 D1	10-08-1989
			EP 0218054 A1	15-04-1987
			ES 2003869 A6	01-12-1988
			JP 62055596 A	11-03-1987